

## Force measurement cell esp. for use in weighing balances

**Patent number:** DE4420691  
**Publication date:** 1996-01-18  
**Inventor:** SELIG KLAUS PETER DR ING (DE)  
**Applicant:** BIZERBA GMBH & CO KG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01L1/14; G01G3/12  
- **european:** G01G3/12; G01G7/02; G01L1/14  
**Application number:** DE19944420691 19940614  
**Priority number(s):** DE19944420691 19940614

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE4420691

The force cell has an elastically deformable force transducer (25) and an inductive sensor device for detecting the deformation and converting it into an electrical weighing signal. The sensor device contains at least one inductive sensor element (8) arranged adjacent to the force introduction part of the force transducer opposite a signal generating part so that distance (a.a') between the sensor element and signal generating part varies with the deformation under load. The force transducer is made of non-magnetic, electrically conducting material. The sensor device uses a change in the effective permeability of the sensor element resulting from an eddy current effect and the resulting change in the impedance of a sensor element coil to detect the deformation. Since the measurements involve an oscillating source, an A/D converter is not required.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑬ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 44 20 691 C 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 L 1/14**  
G 01 G 3/12

②① Aktenzeichen: P 44 20 691.7-52  
②② Anmeldetag: 14. 6. 94  
④③ Offenlegungstag: —  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 18. 1. 96

**DE 44 20 691 C 1**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ **Patentinhaber:**  
Bizerba GmbH & Co KG, 72336 Balingen, DE  
  
⑦④ **Vertreter:**  
Grießbach und Kollegen, 70182 Stuttgart

⑦② **Erfinder:**  
Selig, Klaus Peter, Dr.-Ing., 72379 Hechingen, DE

⑤⑥ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:**

DE-AS 12 03 015  
DE 38 11 942 A1  
DE 28 53 999 A1  
GB 22 26 144 A  
US 46 33 721

GB-Z.: Soviet Inventions Illustrated, Week D 44,  
Instrumentation, Measuring and Testing, SU-S, P. 9,  
SU-605632;  
DE-B.: M. Kochsiek, Handbuch des Wägens, Vieweg  
Verlag 1989, S. 128;  
DE-Z.: Metallkunde, 45, (1954), Heft 4, S. 166-187;

⑤④ **Kraftmeßzelle**

⑤⑦ **Zur Verbesserung der Genauigkeit des Wägesignals bei einer Kraftmeßzelle mit einem elastisch verformbaren Kraftaufnehmer zur Aufnahme der Gewichtskraft und einer induktiven Sensoranordnung zur Erfassung der Kraftaufnehmer-Verformung sowie deren Umwandlung in ein elektrisches Wägesignal wird vorgeschlagen, daß die Sensoranordnung mindestens ein induktives Sensorelement umfaßt, welches benachbart zum Kräfteinleitungsteil des Kraftaufnehmers gegenüber einem signalgebenden Teil so angeordnet ist, daß sich bei Belastung des Kräfteinleitungsteils mit der Kraft F eine von dieser Kraft abhängige Änderung des Abstandes zwischen dem Sensorelement und dem signalgebenden Teil aufgrund der elastischen Verformung des Kraftaufnehmers ergibt, welche von dem Sensorelement erfaßt und in das elektrische Wägesignal umgesetzt wird, wobei die Sensoranordnung eine Änderung der effektiven Permeabilität des Sensorelements und eine dadurch bewirkte Änderung der Impedanz in einer Sensorelement-Spule zur Erfassung der Kraftaufnehmer-Verformung nutzt.**

**DE 44 20 691 C 1**

## DE 44 20 691 C1

1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kraftmeßzelle, insbesondere zur Verwendung in Waagen, mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1.

In vielen Anwendungsbereichen der Wägetechnik und der Kraftmeßtechnik, sowohl für geringere Auflösungen als auch bei höherauflösenden eichfähigen Geräten, werden heute sogenannte Kraftaufnehmer mit wegeempfindlichen Sensoren verwendet. Bei diesen Kraftaufnehmern bewirkt die zu messende Kraft eine Verformung eines Federkörpers. Diese Verformung wird dann mit weg- oder dehnungsempfindlichen Sensorelementen in ein elektrisches Meßsignal umgewandelt.

Die bekannteste Bauart dieser Gattung von Wägezellen ist wohl die Dehnungsmeßstreifen-Wägezelle. Auch kapazitiv arbeitende Wägezellen sind bekannt (siehe M. Kochsiek, Handbuch des Wägens, Vieweg Verlag 1989, S. 128).

Der Dehnungsmeßstreifen-Kraftaufnehmer setzt die durch die zu messende Kraft erzeugten Oberflächendehnungen des Federkörpers in eine ohmsche Widerstandsänderung der Dehnungsmeßstreifen um, die dann von der Signalverarbeitung der Waage oder des Kraftmeßsystems weiterverarbeitet wird. Die Hauptnachteile dieses weitverbreiteten Prinzips sind das infolge der kleinen nutzbaren Dehnungen kleine Ausgangssignal der Wägezelle, die Empfindlichkeit der Dehnungsmeßstreifen-Applikation gegenüber Feuchtigkeit aufgrund der verwendeten Kunststoffe für Trägermaterial und Kleber sowie der Bauelementaufwand für den notwendigen Analog-Digital-Wandler.

Bei der wegeempfindlichen kapazitiven Wägezelle wird der Meßweg über geeignete Elektroden in eine Kapazitätsänderung umgesetzt. Diese Kapazitätsänderung kann entweder über Wechselstrombrückenschaltungen ausgewertet werden oder die lastabhängige Kapazität der Wägezelle wird als frequenzbestimmendes Glied in einer Oszillatorschaltung verwendet. Das Nutzsignal einer solchen Anordnung ist eine mit der Last sich ändernde Frequenz, so daß hierbei auf einen Analog-Digital-Wandler, wie er bei Dehnungsmeßstreifen-Wägezellen notwendig ist, verzichtet werden kann, da eine Frequenz in einfacher Weise mit einem Zähler erfaßbar ist.

Der Hauptnachteil solcher Wägezellen ist ihre Empfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit (wegen der Dielektrizitätskonstanten von Wasser) sowie die sehr kleinen Kapazitätsänderungen durch die zu messende Kraft.

Ein Kraftaufnehmer mit induktivem Sensorelement ist nicht mit diesen beschriebenen Nachteilen behaftet. Obwohl das induktive Prinzip im Bereich der Wegaufnehmer sehr verbreitet ist und durch Kombination eines induktiven Wegaufnehmers mit einem geeigneten Verformungskörper ein Kraftaufnehmer entsteht, hat sich dieses Verfahren aber wegen geringer Genauigkeit nicht durchgesetzt (siehe M. Kochsiek, Handbuch des Wägens, Vieweg Verlag 1989, S. 128, Ziffer 3.8.4).

Diese geringe Genauigkeit ist bauartbedingt bei Verwendung üblicher Wegaufnehmer-Sensorelemente sowie auf die Materialeigenschaften der bei diesen Sensorelementen verwendeten ferromagnetischen Materialien zurückzuführen. Diese Materialeigenschaften äußern sich in Hystereseffekten sowie großen Temperatur-Querempfindlichkeiten.

Aus der DE 28 53 999 A1 ist eine gattungsgemäße Kraftmeßzelle mit Parallelführung und induktivem Sen-

2

sor der oben beschriebenen Art bekannt. Eine auf die Meßzelle aufgelegte Gewichtskraft erzeugt eine Dehnung eines mit einer Spule umwickelten ferromagnetischen Zugbandes. Dabei wird die Induktivität der Spule reduziert, was zu einer Erhöhung der Frequenz eines nachgeschalteten Oszillators führt. Die Frequenz wird als Meßsignal verwendet.

In der DE 38 11 942 A1 ist zwar eine elektronische Waage mit induktiven Ecklastsensoren beschrieben, jedoch erfolgt die Messung der Gewichtskraft an der Parallelführung der Krafteinleitung mittels elektromagnetischem Kompensationssystem. Dabei ist die unter der Lastschale angeordnete Unterschale elastisch nachgiebig ausgeführt. Die elastische Verbiegung dieser Unterschale bei außermittiger Belastung der Wägeschale wird mit mehreren induktiven Abstandssensoren abgetastet und zur Korrektur des Ecklastfehlers der Parallelführung in die Meßwertverarbeitung mit einbezogen. Die induktiven Sensoren werden also nicht für die Erzeugung des eigentlichen Wägesignals, sondern nur zur Ermittlung von weit weniger genau zu erfassenden Korrekturfaktoren eingesetzt.

Aus der Druckschrift

GB-Z: Soviet Inventions Illustrated Week D 44, Instrumentation, Measuring and Testing, SU-S, P.9, SU-605 632,

ist eine Kraftmeßzelle mit einer induktiven Sensoranordnung zur Erfassung einer Kraftaufnehmer-Verformung und zu deren Umwandlung in ein elektrisches Signal bekannt, bei der Spulen mit ferromagnetischen Topfkernen als induktive Elemente verwendet werden.

Aus der DE-AS 12 03 015 ist eine Kraftmeßzelle mit einem elastisch verformbaren Kraftaufnehmer und einer induktiven Sensoranordnung zur Erfassung der Kraftaufnehmer-Verformung und deren Umwandlung in ein elektrisches Signal bekannt, wobei die Sensoranordnung eine Spule mit Eisenkern umfaßt, welche auf einem Federstab gegenüber einem unbelasteten Stab so angeordnet ist, daß sich bei Belastung des Federstabs mit einer Kraft eine von dieser Kraft abhängige Änderung des Abstandes zwischen der Spule und dem unbelasteten Stab aufgrund der elastischen Verformung des Federstabs ergibt, welche in das elektrische Signal umgesetzt wird. Auch diese Kraftmeßzelle ist aufgrund der Verwendung eines ferromagnetischen Spulenkerne mit den vorstehend genannten Nachteilen, insbesondere mit Hystereseffekten und großen Temperatur-Querempfindlichkeiten, behaftet.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Kraftmeßzelle mit induktivem Sensor zu schaffen, welche auch für Waagen höherer Genauigkeit mit ca. 1000 bis 10 000 Auflösungsschritten verwendbar ist und dabei nur minimale Temperaturempfindlichkeit innerhalb der zulässigen Eich-Fehlergrenzen aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Als Kraftaufnehmer wird vorzugsweise ein Biegestabkraftaufnehmer mit Parallelführung des Krafteinleitungsteils verwendet, da diese Art Kraftaufnehmer eine sehr kompakte Bauweise der Meßzelle erlaubt.

Das Sensorelement wird zweckmäßigerweise ortsfest angeordnet, vorzugsweise auf einem mit dem feststehenden Teil des Kraftaufnehmers verbundenen Träger, so daß sich bei einer Belastung des Krafteinleitungsteils des Kraftaufnehmers eine Annäherung des Krafteinleitungsteils an das Sensorelement ergibt. Diese Abstandsänderung wird — wie oben genannt — in das elektrische Wägesignal umgesetzt.

Alternativ kann das Sensorelement am Krafteinleitungsteil selbst gehalten sein und wird im Falle der Krafteinleitung dann gegen ein feststehendes, d. h. ortsfestes, signalgebendes Teil bewegt, wobei wiederum die Abstandsänderung vom Sensorelement zum signalgebenden Teil — wie beschrieben — in das elektrische Wägesignal umgesetzt wird.

Vorzugsweise wird der Biegestabkraftaufnehmer einstückig ausgebildet und umfaßt gegebenenfalls einen Träger zur ortsfesten Halterung des Sensorelements oder aber zur ortsfesten Halterung des signalgebenden Teils.

Diese Art Kraftmeßzellen bauen besonders kompakt und sichern einen minimalen Montageaufwand der Kraftmeßzelle. Vorzugsweise benachbart zu dem Sensorelement ist ein zugehöriger Oszillatorschaltkreis angeordnet, wobei dieser vorzugsweise auf einem gemeinsamen Substrat mit dem Sensorelement angeordnet ist und so gemeinsam bei der Herstellung montiert werden kann.

Eine weiterhin bevorzugte Ausführungsform der Erfindung umfaßt einen Biegestab-Kraftaufnehmer, welcher innerhalb der Parallelführung einen Mittelsteg umfaßt, welcher einerseits am feststehenden Ende des Kraftaufnehmers und andererseits über einen Schwächungsbereich am Krafteinleitungsteil gehalten ist, wobei der Mittelsteg entweder das signalgebende Teil bildet oder aber das Sensorelement trägt. Wird bei dieser Art Kraftmeßzelle ein zweites Sensorelement verwendet, das auf ein anderes signalgebendes Teil als das erste Sensorelement anspricht, erhält man eine Kraftmeßzelle, deren Wägesignal besonders unempfindlich gegen Torsionsbelastungen ist.

Bei der Verwendung des Biegestab-Kraftaufnehmers mit Mittelsteg wird der Mittelsteg bevorzugt in der Längsmittelachse des Biegestab-Kraftaufnehmers angeordnet, so daß er in dessen neutraler Faserzone angeordnet ist. Dadurch ergibt sich eine erneut gesteigerte Unempfindlichkeit gegen Torsionsbelastungen.

Die Anordnung von zweien oder mehreren Sensorelementen innerhalb der Kraftmeßzelle, die mit verschiedenen signalgebenden Teilen zusammenwirken, ist nicht nur auf die oben beschriebene Ausführungsform beschränkt, sondern läßt sich in jeder der bislang beschriebenen Anordnungen verwenden. Durch den Einsatz von zwei oder mehreren Sensorelementen läßt sich die Genauigkeit steigern und lassen sich Störeinflüsse minimieren.

Bevorzugt gehorcht der Abstand  $a$  zwischen dem Sensorelement und dem zugehörigen signalgebenden Teil der Beziehung  $a < 0,1 \cdot d$ , wobei  $d$  die maximale Ausdehnung des Sensorelementes bedeutet. Dies bedeutet, daß der Abstand des Sensorelementes zum signalgebenden Teil, bezogen auf seinen Durchmesser (im Fall von rundgewickelten Spulen) verhältnismäßig klein, d. h. kleiner 10%, ist. Dadurch reichen bereits minimale absolute Änderungen im Abstand zwischen dem Sensorelement und dem zugehörigen signalgebenden Teil aus, um ausreichend genaue Wägesignale zu liefern. Dies gilt insbesondere für den Einsatz von Biegestabkraftaufnehmern.

Für die Herstellung und kostengünstige Montage weiter bevorzugt wird das induktive Sensorelement in Dünnschicht- oder Folientechnik auf einen Träger, vorzugsweise aus Keramik oder Glas, aufgebracht. Die vorzugsweise verwendeten Trägermaterialien aus Keramik oder Glas machen die Kraftmeßzelle bzw. das verwendete Sensorelement wenig feuchtigkeitsempfindlich, so

daß selbst extreme Luftfeuchtigkeiten und Temperaturen in der Umgebung der Waage zu keiner Verschlechterung der Genauigkeit des Wägesignals führen. Vorzugsweise wird das Sensorelement und der zugehörige Oszillator wieder auf einem gemeinsamen Trägerelement integriert.

Eine Verbesserung der Genauigkeit des Wägeergebnisses der Kraftmeßzelle wird dann erreicht, wenn die beiden den Sensorelementen zuzuordnenden Oszillatorschaltungen unterschiedliche frequenzbestimmende Kapazitäten aufweisen, derart, daß zwei gegenläufige Frequenz-Kraft-Kennlinien erhalten werden, welche sich innerhalb eines vorgegebenen Lastbereiches nicht überkreuzen.

In diesem Zusammenhang wird eine Verbesserung der Genauigkeit des Wägesignals erreicht, wenn die Ausgangssignale der Oszillatorschaltungen einen multiplikativen Mischer und danach einem Tiefpaßfilter zugeführt werden. Sieht man im Oszillator-Schaltkreis eine Zusatzinduktivität, einen Hilfswiderstand und einen Schalter vor, so kann eine Kalibrierung des Wägesignals der Kraftmeßzelle in einfacher Weise durchgeführt werden.

Vorzugsweise wird die Oszillatorschaltung mit der Zusatzinduktivität und dem Hilfswiderstand dabei so ausgelegt, daß durch das Öffnen des Schalters eine Frequenzverstimmlung des Oszillators erzeugt wird, welche zur Eigenkalibrierung der Kraftmeßzelle verwendbar ist.

Wiederum im Sinne der Vereinfachung der Herstellung wird die Zusatzinduktivität und der Hilfswiderstand sowie der Schalter auf demselben Trägerelement wie das Sensorelement und die Oszillatorschaltung angeordnet sein.

Der signalgebende Teil, insbesondere der Kraftaufnehmer selbst, wird aus nicht-magnetischem, elektrisch leitendem Material hergestellt, so daß sich magnetische Hysterese-Fehler von vornherein ausschließen bzw. minimieren lassen.

Die Erfindung betrifft schließlich eine Verwendung einer Kraftmeßzelle gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsformen in einer Waage, insbesondere einer eichfähigen Waage.

Darüber hinaus beinhaltet die erfindungsgemäße Meßzelle folgende wesentliche Vorteile:

- Durch die Verwendung eines Meßwandlers mit induktivem Sensor und Oszillationsschaltung wird bereits ein digitales Meßsignal erzeugt, so daß eine Analog-Digital-Wandlung nicht notwendig ist.
- Durch den Verzicht auf ferromagnetisches Material für das Sensorelement und das signalgebende Teil wird eine sehr kleine Hysterese und dadurch höhere Genauigkeit der Kraftmeßzelle erreicht.
- Bei Verwendung von Glas oder Keramik als Substratträger für die Sensorelemente ist die Kraftmeßzelle unempfindlich gegen Feuchteänderungen der Umgebung.
- Die Kraftmeßzelle bildet mit dem einstückigen Kraftaufnehmer und dem integrierten Sensor mit Oszillatorschaltung eine kompakte, gegen Stöße und elektromagnetische Störungen geschützte Einheit.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus der Beschreibung der Ausführungsbeispiele und anhand der Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht einer Ausführungsform der

# DE 44 20 691 C1

5

erfindungsgemäßen Kraftmeßzelle mit induktivem Sensor;

Fig. 2 die Seitenansicht eines 2. Ausführungsbeispiels der Kraftmeßzelle gemäß Fig. 1;

Fig. 3 die Seitenansicht eines 3. vereinfachten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1 und 2;

Fig. 3a die Seitenansicht eines alternativen Ausführungsbeispiels zu Fig. 3;

Fig. 4 das Diagramm der Frequenz-Kraft-Kennlinien der Kraftmeßzelle mit funktionalem Zusammenhang zwischen Oszillatorfrequenz und zu messender Gewichtskraft;

Fig. 5 ein Blockschaltbild der elektrischen Schaltung der Kraftmeßzelle; und

Fig. 6 ein Schaltungsdetail der Oszillatorschaltung der Kraftmeßzelle.

Fig. 1 zeigt eine Kraftmeßzelle 1 mit einem als Federkörper ausgebildeten Kraftaufnehmer 25 hier beispielhaft in Form eines Parallelogrammlenkens mit den beiden Lenkerstegen 2, den vier Gelenkstellen 3, dem feststehenden Teil 4, einem Krafteinleitungsteil 5 und einem Träger 6. Der Kraftaufnehmer 25 ist hier einstückig aus einem nicht-magnetischen elektrisch leitenden Material, vorzugsweise Aluminium oder eine Aluminiumlegierung, gearbeitet.

Der Träger oder Ausleger 6 dient zur Aufnahme zweier induktiver, scheibenförmiger, parallel zu den Lenkerstegen angeordneter Sensorelemente 8, 9 sowie zur Aufnahme der zu diesen Elementen gehörigen Oszillatorschaltungen 10, 11. Alle vier Bauteile 8 bis 11 sind elektrisch gegenüber dem Ausleger 6 isoliert.

Das Funktionsprinzip dieser Anordnung ist wie folgt: Unter dem Einfluß der zu messenden Gewichtskraft bewegen sich die Lenkerstege 2 nach unten, so daß sich deren Abstand  $a$  zum oberen Sensorelement 8 verkleinert, während der Abstand  $a'$  zum unteren Sensorelement 9 größer wird. Obwohl das Material der Lenkerstege nicht-magnetisch ist, d. h. die magnetische Permeabilität von nahezu 1 hat, führt dies zu einer Änderung der sogenannten effektiven Permeabilität. Diese effektive Permeabilität ist der eigentliche Sensoreffekt beim erfindungsgemäßen Kraftaufnehmer 25.

Die Änderung dieser effektiven Permeabilität bewirkt eine Impedanzänderung der Spulen 8, 9 und kann nun in einer Brückenschaltung, z. B. mittels Wheatstone-Brücke, ausgewertet werden. Erfindungsgemäß ist es jedoch vorteilhaft, das Sensorelement 8, 9 als frequenzbestimmendes Glied einer zum Aufnehmer (25) gehörenden Oszillatorschaltung 10, 11 zu verwenden. In diesem Fall bewirkt die Änderung der Impedanz eine Änderung der Frequenz dieses Oszillators. Dies hat den Vorteil, daß zur Digitalisierung der Meßgröße kein Analog-Digital-Wandler, sondern nur ein Zähler benötigt wird. Eine Ableitung dieses Zusammenhangs sowie die Definition der effektiven Permeabilität ist aufgeführt in: F. Förster, K. Stambke, Theoretische und experimentelle Grundlagen der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, Metallkunde, 45 (1954), Heft 4, S. 166 ff.

Ein weiteres vorteilhaftes zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Kraftmeßzelle 25' ist in Fig. 2 dargestellt. Teile mit gleichen Funktionen wie bei dem in Fig. 1 dargestellten Kraftaufnehmer 25 sind mit denselben Bezugszeichen versehen. Unterschiede zu dem in Fig. 1 beschriebenen Kraftaufnehmer 25 bestehen in folgender Ausgestaltung: Der Kraftaufnehmer 251 enthält einen zusätzlichen Mittelsteg 12, der über einen Schwächungsbereich 13 an den Krafteinleitungsteil 5 des Kraftaufnehmers 25' angekoppelt ist. Die Sen-

6

sorelemente 8, 9 sowie die zugehörigen Oszillatorschaltungen 10, 11 sind nun so auf den Trägern 7', 7 angeordnet, daß die Sensorelemente 8, 9 dem Mittelsteg 12 zugewandt sind. Bei Belastung des Kraftaufnehmers 25' mit der Kraft  $F$  ändert sich nun der Abstand  $a, a'$  der Sensorelemente 8, 9 zum Mittelsteg 12 in vergleichbarer Weise, wie in der Beschreibung zu Fig. 1 dargestellt, was wiederum zur besagten Änderung der effektiven Permeabilität führt.

Der Kraftaufnehmer 25' ist in der äußeren Form etwas komplizierter als der Kraftaufnehmer 25, hat aber den Vorteil, gegen Torsionsbelastungen unempfindlicher zu sein, weil der Meßvorgang mittig zur Längsachse des federnden Kraftaufnehmers 25' am Mittelsteg 12, d. h. in dessen neutraler Faser, stattfindet.

Eine weitere dritte Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Kraftmeßzelle ist in den Fig. 3 und 3a dargestellt. Diese Ausführung ist im Vergleich zu Fig. 1 und 2 vereinfacht und enthält nur ein Sensorelement 8 mit einer Oszillatorschaltung 10. Die beiden Teile 8, 10 sind außerhalb des Kraftaufnehmers 25'' auf dem Basisträger 24 befestigt (Fig. 3) bzw. außenliegend am Kraftaufnehmer 25'' (Fig. 3a), wobei dann der Basisträger 24 als signalgebendes Teil fungiert. Der Kraftaufnehmer 25' ist bei dieser Ausführungsvariante gemäß den Fig. 3 und 3a sehr niedrig und bringt deshalb den Vorteil einer außerordentlich flach bauenden Kraftmeßzelle.

Wie bei den beiden Ausführungsbeispielen nach Fig. 1 und 2 ändert sich auch hier bei Belastung des Kraftaufnehmers 25'' der Abstand  $a$ . Die später in den Fig. 5, 6 beschriebene Auswertung des Meßsignals erfolgt jedoch bei dieser Ausführung nur über einen Kanal. Dadurch tritt hier eine vergrößerte Nullpunktdrift und Temperaturempfindlichkeit auf. Die Anforderungen an die Genauigkeit können deshalb bei dieser Ausführung nicht so hoch gestellt werden.

Fig. 3a macht überdies deutlich, daß das Sensorelement sowohl ortsfest bei bewegtem signalbildenden Teil verwendbar ist und genauso gut bei feststehendem signalgebenden Teil am bewegten Teil des Kraftaufnehmers angeordnet werden kann. Dies gilt nicht nur für diese spezielle Ausführungsform, sondern generell. Fig. 3a zeigt überdies (wiederum allgemeingültig für alle Ausführungsbeispiele) die Integration von Spule 8 und Oszillatorschaltung 10 auf einem gemeinsamen Keramiksubstrat 26.

Der Federkörper der erfindungsgemäßen Kraftaufnehmer 25, 25', 25'' ist in den Fig. 1, 2, 3 beispielhaft jeweils in Form einer Parallelogramm-Doppelfeder ausgeführt. Ebenso sind natürlich einfache Federkörper in Form einer Biege-Blattfeder denkbar.

Um eine gute Langzeitstabilität der Kraftmeßzelle 1 zu gewährleisten, können die Sensorelemente 8, 9 als flache Spulen in Dünnschichttechnik oder Folientechnik auf einem Keramik- oder Glasträger ausgeführt werden. Umgebungsbedingte Änderungen der Induktivität z. B. durch Quellen des Trägers bei Änderungen der Umgebungsfeuchtigkeit können so verhindert werden. Die Verwendung flacher Spulen mit einer Anordnung im Kraftaufnehmer, wie in den Fig. 1, 2, 3 gezeigt, sowie die Ausbildung des federnden, einstückigen Kraftaufnehmers 25, 25', 25'' als Parallelogramm gewährleisten auch kleine, temperaturbedingte Nullpunktsfehler durch das günstige Orthogonalitätsprinzip (siehe Kochsiek, Handbuch des Wägens, Vieweg Verlag 1989, Seite 128).

Eine weitere Verbesserung der Nullpunktsstabilität der Kraftmeßzelle 1 läßt sich durch folgende Maßnah-

me erzielen:

Die beiden Sensorelemente 8, 9 werden zusammen mit den zugehörigen Oszillatorschaltungen 10, 11 so betrieben, daß zwei gegenläufige Frequenz-Kraft-Kennlinien 22, 23 entstehen, die sich innerhalb des Lastbereichs der Kraftmeßzelle 1 nicht überkreuzen. Dies wird durch geeignete Auslegung der Oszillatorschaltungen 10, 11 erreicht, z. B. mittels entsprechender Dimensionierung der frequenzbestimmten Kapazität 17.

Solche Kennlinien sind in Fig. 4 beispielhaft dargestellt, wobei Kennlinie 22 dem Sensor/Oszillator-Paar 8, 10 und Kennlinie 23 dem Paar 9, 11 zugeordnet ist.

Die Ausgangssignale der beiden Oszillatoren werden, wie in Fig. 5 dargestellt, einem multiplikativen Mischer 14 zugeführt, der (mathematisch gesehen) das Produkt der beiden Ausgangsspannungen bildet (siehe z. B. Bronstein-Semendjajew, Taschenbuch der Mathematik, Deutsch-Verlag, S. 157).

Demnach entstehen am Ausgang dieses Mixers 14 Signale mit Frequenzen, die der Summe und der Differenz der Einzelfrequenzen der beiden Oszillatoren 10, 11 entsprechen. Ein Tiefpaßfilter 15 hält die Komponente mit der Summenfrequenz zurück und läßt nur die Komponente mit der Differenzfrequenz passieren; letztere Komponente ist nun das eigentliche Ausgangssignal 21 der Kraftmeßzelle 1, wobei die (Differenz-)Frequenz die Meßinformation beinhaltet. Bei der Weiterverarbeitung der Differenzfrequenz werden die durch Temperaturänderungen bedingten Nullpunktdriften der Kraftmeßzelle 1 in erster Näherung eliminiert, da die Nullpunktdriften die Kennlinien beider Oszillatoren 10, 11 gleich beeinflussen und somit bei der Differenzbildung herausfallen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel betrifft die Verbesserung der Langzeitstabilität der Empfindlichkeit der beschriebenen induktiven Kraftmeßzelle 1 mit frequenzanalogem Ausgangssignal 21. Während die induktiven Sensorelemente 8, 9 durch Verwendung von Dünnschicht-, Dickschicht- oder Folientechnik mit ausreichender Langzeitstabilität hergestellt werden können, ist dies bei den frequenzbestimmten Kapazitäten der Oszillatorschaltungen 10, 11 wesentlich schwieriger. Die Langzeitstabilität der Empfindlichkeit kann jedoch über eine automatisch durchführbare Nachkalibrierung der Kraftmeßzelle 1 verbessert werden.

Das Prinzip dieser Nachkalibrierung ist in Fig. 6 schematisch dargestellt. Es zeigt beispielhaft eine Oszillatorschaltung 10, 11 der Kraftmeßzelle 1 mit der frequenzbestimmten Kapazität 17 sowie den für die Nachkalibrierung notwendigen elektrischen Komponenten 18, 19, 20. Weitere in Fig. 6 dargestellte, aber nicht mit Positionsnummer gekennzeichnete elektrische Komponenten entsprechen einer üblichen kapazitiven Dreipunktschaltung. Die Oszillatorschaltung 10, 11 ist mit dem Sensorelement 8, 9 elektrisch verbunden.

Im normalen Wägebetrieb ist der Schalter 20 geschlossen, d. h. die Frequenz des Oszillators wird durch die Induktivität des Sensorelements 8, 9 und die Kapazität 17 bestimmt. Für die Nachkalibrierung wird nun in bestimmten Zeitabständen in der Ruhephase der Kraftmeßzelle 1 der Schalter 20 durch den nicht dargestellten, bei gattungsgemäßen Geräten üblichen Mikroprozessor geöffnet. Hierbei kommt es zu einer Änderung der effektiven Induktivität der Serienschaltung der Elemente 8, 9, die bei geeigneter Auslegung der Zusatzinduktivität 18 und des Hilfswiderstandes 19 gleich wirkt wie die Änderung der effektiven Permeabilität durch den Meßeffect selbst, d. h. die dadurch erzeugte Frequenz-

änderung entspricht der durch ein bestimmtes Gewicht, mit dem die Kraftmeßzelle 1 belastet wird, hervorgerufenen Frequenzänderung. Diese Frequenzänderung kann daher zur Nachkalibrierung des Oszillators des Aufnehmers verwendet werden, um Fehler durch nicht ausreichende Langzeitstabilitäten der frequenzbestimmten Kapazität 17 zu verringern.

#### Patentansprüche

1. Kraftmeßzelle mit einem elastisch verformbaren Kraftaufnehmer zur Aufnahme der Gewichtskraft und einer induktiven Sensoranordnung zur Erfassung der Kraftaufnehmer-Verformung und deren Umwandlung in ein elektrisches Wägesignal, wobei die Sensoranordnung mindestens ein induktives Sensorelement umfaßt, welches benachbart zum Krafteinleitungsteil des Kraftaufnehmers gegenüber einem signalgebenden Teil so angeordnet ist, daß sich bei Belastung des Krafteinleitungsteils mit der Kraft F eine von dieser Kraft abhängige Änderung des Abstandes (a; a') zwischen dem Sensorelement und dem signalgebenden Teil aufgrund der elastischen Verformung des Kraftaufnehmers ergibt, welche von dem Sensorelement erfaßt und in das elektrische Wägesignal umgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftaufnehmer (25; 25'; 25'') aus nicht-magnetischen, elektrisch leitendem Material hergestellt ist und daß die Sensoranordnung eine Änderung der effektiven Permeabilität des Sensorelements (8) aufgrund eines Wirbelstromeffektes und eine dadurch bewirkte Änderung der Impedanz in einer Sensorelement-Spule zur Erfassung der Kraftaufnehmer-Verformung nutzt.
2. Kraftmeßzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftaufnehmer (25, 25', 25'') ein Biegestab-Kraftaufnehmer mit Parallelogrammführung des Krafteinleitungsteils (5) ist.
3. Kraftmeßzelle nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement (8) ortsfest angeordnet ist.
4. Kraftmeßzelle nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement (8) am Krafteinleitungsteil (5) gehalten ist.
5. Kraftmeßzelle nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Biegestab-Kraftaufnehmer (25, 25') einstückig ausgebildet ist und gegebenenfalls einen Träger (6; 7, 7') zur ortsfesten Halterung des Sensorelements (8; 9) umfaßt.
6. Kraftmeßzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoranordnung einen dem Sensorelement (8; 9) zugeordneten Oszillator-Schaltkreis (10; 11) umfaßt, welcher vorzugsweise benachbart zu dem Sensorelement angeordnet ist, und daß das Sensorelement in den Oszillator-Schaltkreis als frequenzbestimmende Induktivität geschaltet ist.
7. Kraftmeßzelle nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Biegestab-Kraftaufnehmer (25') innerhalb der Parallelführung einen Mittelsteg (12) umfaßt, welcher einerseits am feststehenden Ende (4) des Kraftaufnehmers (25') und andererseits über einen Schwächungsbereich (13) am Krafteinleitungsteil (5) gehalten ist, und daß der Mittelsteg (12) entweder das signalgebende Teil bildet oder das Sensorelement (8) trägt.
8. Kraftmeßzelle nach Anspruch 7, dadurch ge-

## DE 44 20 691 C1

9

10

kennzeichnet, daß der Mittelsteg (12) in der Längsmittelachse des Biegestab-Kraftaufnehmers (25') in dessen neutraler Faserzone angeordnet ist.

9. Kraftmeßzelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Sensorelemente (8, 9) und zwei Oszillator-Schaltkreise (10, 11) vorhanden sind, welche mit zwei verschiedenen signalgebenden Teilen zusammenwirken.

10. Kraftmeßzelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand  $a$  zwischen dem Sensorelement (8; 9) und dem zugehörigen signalgebenden Teil der Beziehung (1) genügt

$$a < 0,1 \cdot d \quad (1)$$

15

wobei  $d$  die maximale Ausdehnung des Sensorelementes bedeutet.

11. Kraftmeßzelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das induktive Sensorelement (8; 9) in Dünnschicht- oder Folientechnik auf einem Träger, vorzugsweise aus Keramik oder Glas, aufgebracht ist.

12. Kraftmeßzelle nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement (8; 9) und der zugehörige Oszillator (10; 11) auf einem gemeinsamen Trägerelement (26), vorzugsweise aus Keramik oder Glas, aufgebracht sind.

13. Kraftmeßzelle nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement (8; 9) und der zugehörige Oszillator-Schaltkreis (10; 11) auf dem Trägerelement (26) in Dickschicht-Technik aufgebracht sind.

14. Kraftmeßzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Sensorelemente (8, 9) vorhanden sind, wobei die jeweils zugehörigen Oszillator-Schaltungen (10, 11) unterschiedliche frequenzbestimmende Kapazitäten aufweisen, derart, daß zwei gegenläufige Frequenz-Kraft-Kennlinien erhalten werden, welche sich innerhalb eines vorgegebenen Lastbereichs nicht überkreuzen.

15. Kraftmeßzelle nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangssignale der Oszillator-Schaltungen (10; 11) einem multiplikativen Mischer (14) und danach einem Tiefpaßfilter (15) zugeführt werden.

16. Kraftmeßzelle nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Oszillator-Schaltkreis eine Zusatzinduktivität (18), einen Hilfswiderstand (19) und einen Schalter (20) umfaßt.

17. Kraftmeßzelle nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Schalter so ausgebildet ist, daß mit dem Öffnen des Schalters (20) eine Frequenzverstimmung der Oszillator-Schaltung (10; 11), welche zur Eigenkalibrierung der Kraftmeßzelle geeignet ist, erzeugbar ist.

18. Kraftmeßzelle nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzinduktivität (18), der Hilfswiderstand (19) und der Schalter (20) auf dem Trägerelement (26) des Sensorelements (8; 9) angeordnet sind.

19. Verwendung einer Kraftmeßzelle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18 in einer Waage, insbesondere einer eichfähigen Waage.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -



ZEICHNUNGEN SEITE 1

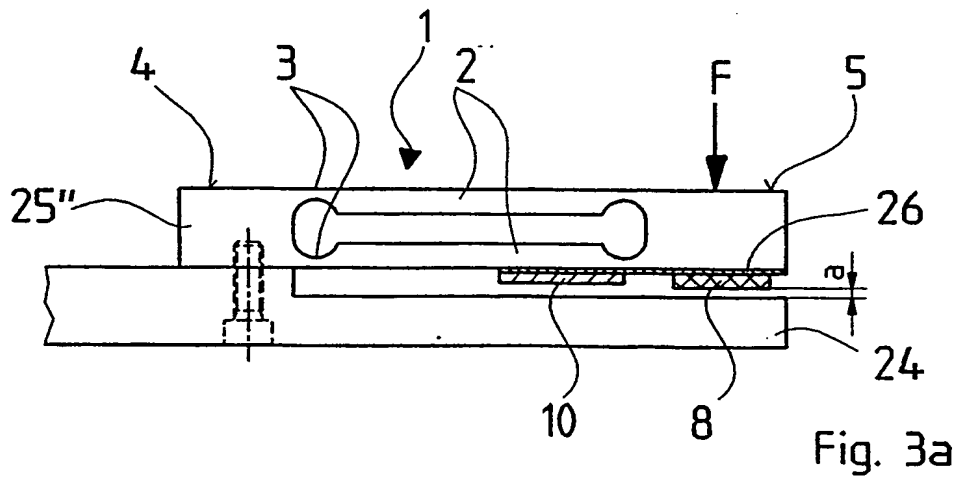
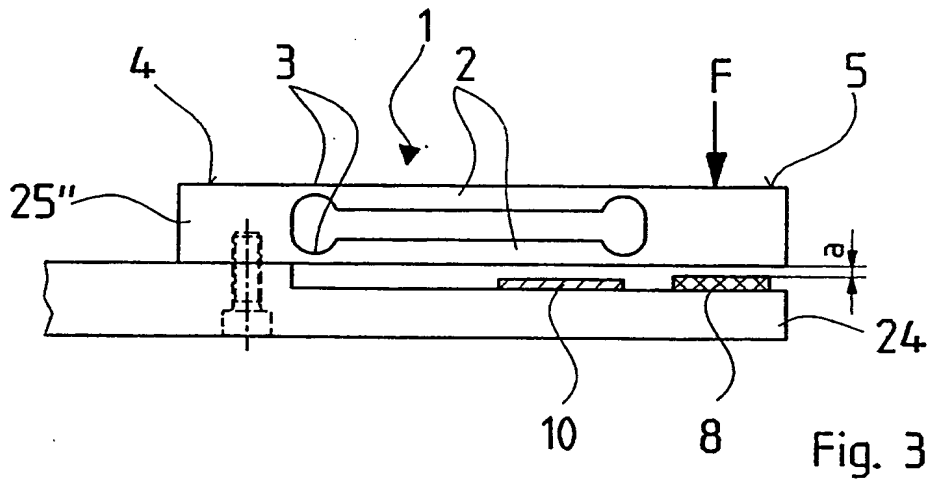
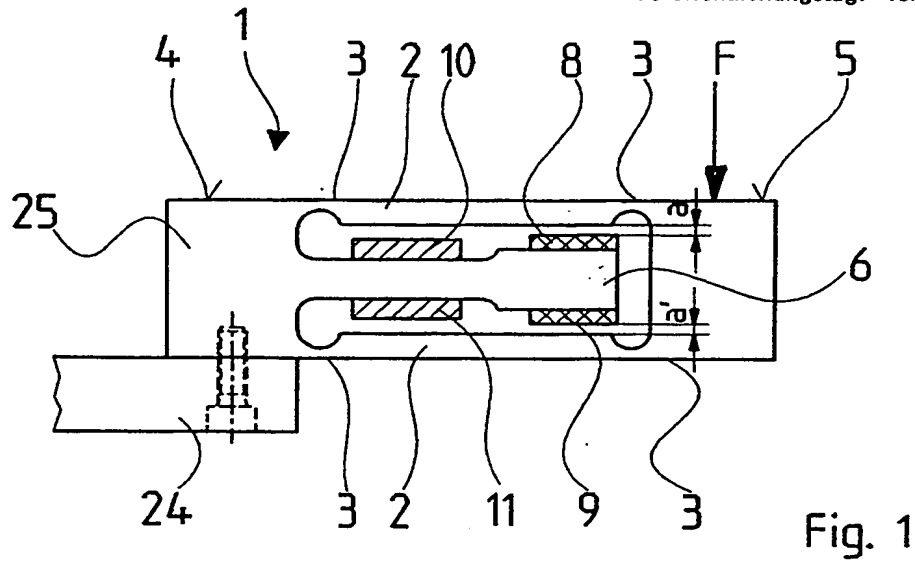
Nummer:

DE 44 20 691 C1

Int. Cl.®:

G 01 L 1/14

Veröffentlichungstag: 18. Januar 1996



ZEICHNUNGEN SEITE 2

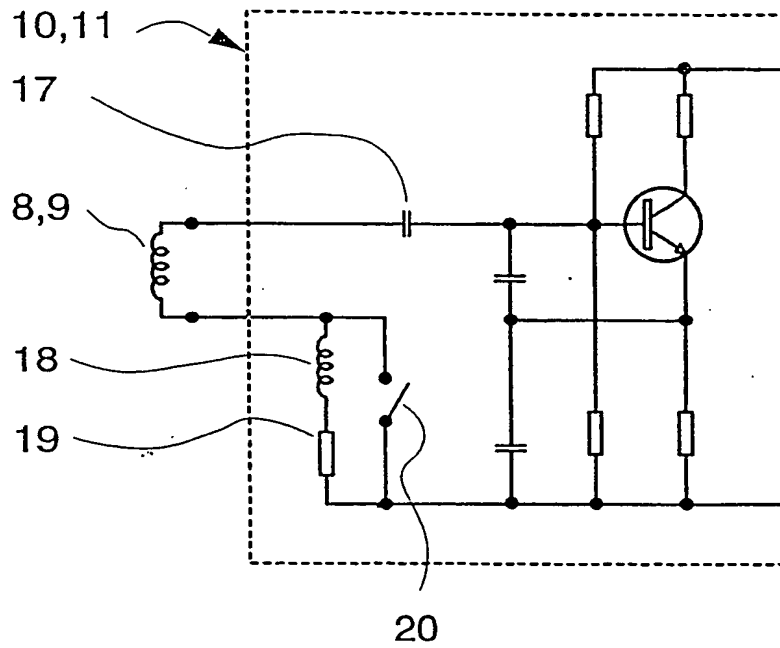
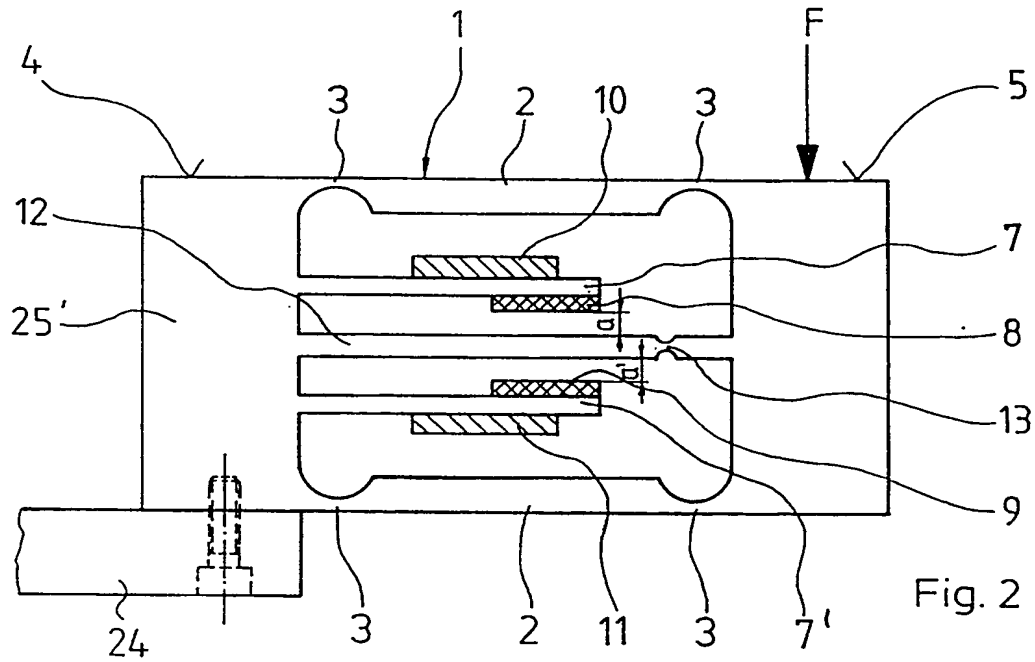
Nummer:

DE 44 20 691 C1

Int. Cl. 6:

G 01 L 1/14

Veröffentlichungstag: 18. Januar 1996



ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:

DE 44 20 691 C1

Int. Cl.®:

G 01 L 1/14

Veröffentlichungstag:

18. Januar 1996

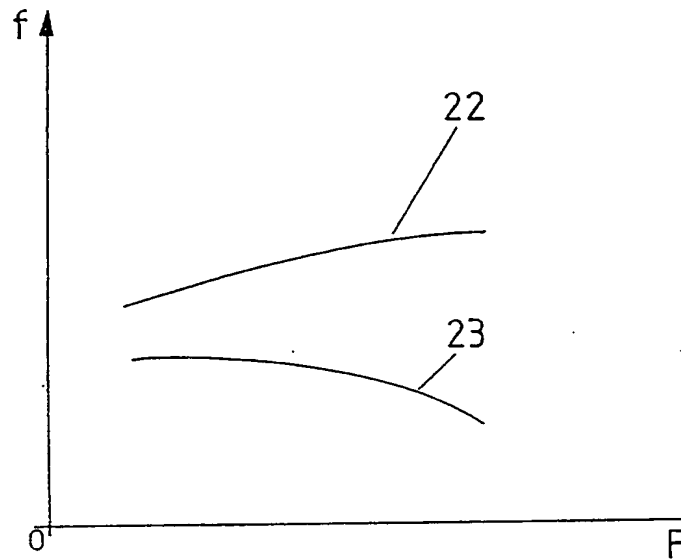


Fig.4

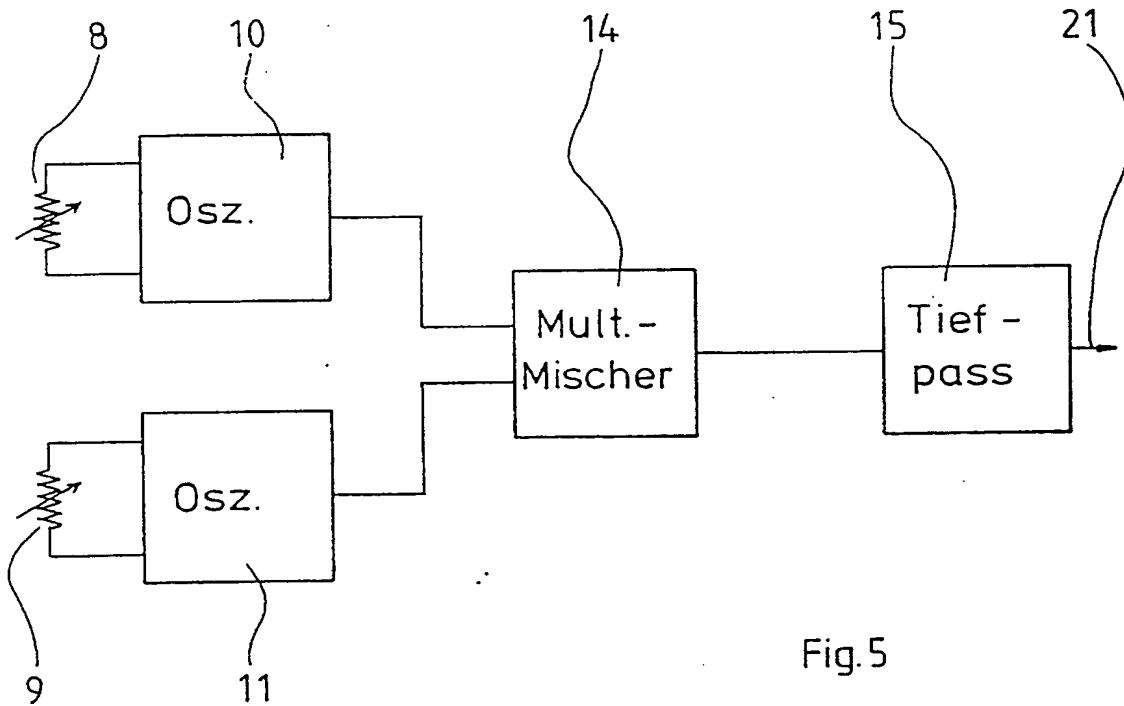


Fig.5